

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-9212

(P2002-9212A)

(43) 公開日 平成14年1月11日 (2002.1.11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L 23/36		H 0 1 L 23/40	F 5 F 0 3 6
23/12			A
23/14		23/36	Z
23/40		23/12	J
		23/14	M
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-189010 (P2000-189010)

(22) 出願日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(71) 出願人 000003296

電気化学工業株式会社

東京都千代田区有楽町1丁目4番1号

(72) 発明者 坂輪 盛一

東京都町田市旭町3丁目5番1号 電気化学工業株式会社中央研究所内

(72) 発明者 杉本 勲

東京都町田市旭町3丁目5番1号 電気化学工業株式会社中央研究所内

(72) 発明者 宇都 学

東京都町田市旭町3丁目5番1号 電気化学工業株式会社中央研究所内

Fターム (参考) 5F036 AA01 BA04 BA23 BB01 BC33

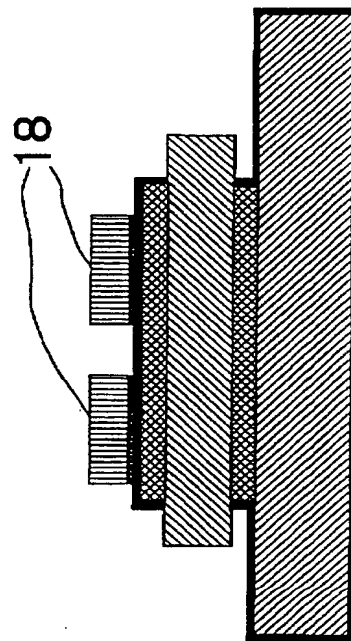
BD01

(54) 【発明の名称】 放熱構造体の製造方法

(57) 【要約】

【課題】半導体素子接合の際にフラックスレスでも放熱性を損なうことのないはんだ付け性を得ることのできる放熱構造体を、低コストに、しかも再現性高く提供する。

【解決手段】表面に少なくともアルミニウム回路を有し、裏面に金属板を有するセラミックス回路基板の前記金属板を、ろう材を介して、銅製のヒートシンクに接合する第1の工程、前記ヒートシンクの前記ろう材との接合面を除く部分と前記セラミックス回路基板上のアルミニウムからなる回路表面とにニッケル層を設ける第2の工程、を順次経ることを特徴とする放熱構造体の製造方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】表面に少なくともアルミニウム回路を有し、裏面に金属板を有するセラミックス回路基板の前記金属板を、ろう材を介して、銅製のヒートシンクに接合する第1の工程、前記ヒートシンクの前記ろう材との接合面を除く部分と前記セラミックス回路基板上のアルミニウムからなる回路表面とにニッケル層を設ける第2の工程、を順次経ることを特徴とする放熱構造体の製造方法。

【請求項2】前記金属板がアルミニウム板であり、前記ろう材がマグネシウムを含有するアルミニウム合金からなることを特徴とする請求項1記載の放熱構造体の製造方法。

【請求項3】第1の工程より前に、前記金属板と前記ろう材とを表面処理する工程を経ることを特徴とする請求項1又は2記載の放熱構造体の製造方法。

【請求項4】第1の工程より前に、ヒートシンクの少なくともろう材との接合面にニッケル層を設ける工程を経ることを特徴とする請求項1又は2記載の放熱構造体の製造方法。

【請求項5】第1の工程と第2の工程との間に、ヒートシンクのろう材との接合面以外の部分のニッケル層を除去する工程を経ることを特徴とする請求項4記載の放熱構造体の製造方法。

【請求項6】第2の工程において、ヒートシンクのろう材との接合面を除く部分とセラミックス回路基板上のアルミニウムからなる回路表面とを、フッ化物を含有する水溶液で処理し、パラジウムとスズとを含有する水溶液で処理した後、無電解めっき法でニッケル層を設けることを特徴とする請求項1又は2記載の放熱構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、セラミックス回路基板を銅製のヒートシンクを介して放熱フィン等に接合してなるモジュール用途、ことに電源用途向けに好適なセラミックス回路基板と銅製のヒートシンクが一体化されてなる放熱構造体の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】IGBTやIPMをはじめとするパワーモジュール等においては、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、窒化ケイ素(Si_3N_4)、窒化アルミニウム(AlN)等のセラミックス基板からなる回路基板を、銅やアルミニウム等の金属からなるヒートシンクにはんだ付けした後、樹脂ケース等を取り付ける工程を経てパワーモジュールとすることが一般的に知られている。

【0003】前記パワーモジュールに関して、特に電鉄車両やハイブリッドカーを含む電気自動車用途においては、一層の高信頼性が要求されている。しかし、従来のパワーモジュールでは、実使用下において、使用されて

いるセラミックス基板の割れや、セラミックス基板とヒートシンクとの接合に使用されているはんだにクラックが発生し、パワーモジュールとしての信頼性が損なわれることが時として発生することが知られている。セラミックス基板に発生するクラックは、絶縁不良の原因となるし、セラミックス基板とヒートシンクとの間のはんだに発生するクラックは放熱性を悪化させ、その結果半導体素子の動作不能を引き起こすからである。

【0004】前記問題の発生は、パワーモジュールとしての寿命を縮めることに直結してしまうので、前記問題の発生を極力防止し、長期に渡る信頼性を有するモジュールが求められている。

【0005】上記の事情から、セラミックス基板に生じるクラックを防止するために、応力緩和性に優れたアルミニウムを回路用金属として用いることや、セラミックス基板とヒートシンクとの間のはんだに発生する熱応力を低減させるために、セラミックス基板の熱膨張率に近いAl-SiC複合材等の複合材をヒートシンクとして用いることが検討されている。

【0006】セラミックス基板と複合材からなるヒートシンクとを組み合わせて得られるモジュールは、高信頼性を有し、電鉄車両やハイブリッドカーなどに好適なものであるが、モジュール本体価格が高価であることが大きな欠点となっており、用途拡大の足かせになっている。

【0007】その理由は、Al-SiC複合材等の複合材が従来の金属製ヒートシンクに比べて特殊な製法を採用せざるを得ない上に、加工工程や表面処理工程のコストが高く、金属製ヒートシンクの数倍と高価になってしまっているからである。加えて、ヒートシンクは、形状面で見れば、モジュールの大きな部分を占めることから、パワーモジュールの価格に占める割合も大きくならざるを得ないことも一因である。このため、安価な金属製ヒートシンクを用い、しかも従来品以上に高信頼性を有するパワーモジュールの開発が熱望されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、安価な金属板をヒートシンクとして用い、Al-SiC複合材等の複合材からなるヒートシンクを用いた場合と同等若しくはそれ以上の高い信頼性を達成することができるモジュールを提供することを目的としている。

【0009】前述したとおりに、安価な金属製ヒートシンクを用いたパワーモジュールにおいては、組み立て工程や実使用条件下で受ける熱応力に原因して、はんだクラックの発生、或いははんだ接合の劣化が生ずることが知られている。

【0010】前記問題に対して、セラミックス基板に劣化し易いはんだを使用すること自体が信頼性低下の原因となってしまうとの考えに立ち、はんだに代えて高融点

ろう材を用いて、ニッケルめっきされたヒートシンクとニッケルめっきされた回路を有するセラミックス基板とを、両面にアルミニウム融点降下層を有するアルミニウム箔を介して接合する（以下、直付けという）構造を採用することで信頼性の向上を期待する検討もされている（特開平10-270596号公報参照）。

【0011】しかしながら、本発明者の検討によれば、前記特開平10-270596号公報の技術では、セラミックス基板とヒートシンクの接合時の熱履歴により素子接合側のニッケルめっき膜のはんだ濡れ性が極端に劣化し、半導体素子を接合する際に、はんだ濡れが不良になるという問題がある。はんだ濡れが不良になると、半導体素子とセラミックス基板間の熱抵抗が大きくなり、放熱性の観点で問題を生じる。

【0012】はんだ付け不良を回避する方法として、半導体素子とセラミックス基板とをはんだリフローする際に、フラックスを用いることにより、ある程度の改善を図ることが可能であるが、リフロー後、フラックスを洗浄する必要があり、コストアップとなる。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記事情に鑑みて鋭意検討した結果、セラミックス基板－ヒートシンクをろう付けする放熱構造体の製造方法において、半導体素子接合の際にフラックスレスでも放熱性を損なうことのないはんだ付け性を得ることのできる放熱構造体を、低コストに、しかも再現性高く製造できるという知見を得て、本発明に至ったものである。

【0014】即ち、本発明は、表面に少なくともアルミニウム回路を有し、裏面に金属板を有するセラミックス回路基板の前記金属板を、ろう材を介して、銅製のヒートシンクに接合する第1の工程、前記ヒートシンクの前記ろう材との接合面を除く部分と前記セラミックス回路基板上のアルミニウムからなる回路表面とにニッケル層を設ける第2の工程、を順次経ることを特徴とする放熱構造体の製造方法であり、好ましくは、前記金属板がアルミニウム板であり、前記ろう材がマグネシウムを含有するアルミニウム合金からなることを特徴とする前記の放熱構造体の製造方法である。

【0015】又、本発明は、前記第1の工程より前に、前記金属板と前記ろう材とを表面処理する工程を経ることを特徴とする前記の放熱構造体の製造方法である。

【0016】又、本発明は、前記第1の工程より前に、ヒートシンクの少なくともろう材との接合面にニッケル層を設ける工程を経ることを特徴とする前記放熱構造体の製造方法であり、好ましくは、更に第1の工程と第2の工程との間に、ヒートシンクのろう材との接合面以外の部分のニッケル層を除去する工程を経ることを特徴とする前記の放熱構造体の製造方法である。

【0017】更に、本発明は、前記第2の工程において、ヒートシンクのろう材との接合面を除く部分とセラ

ミックス回路基板上のアルミニウムからなる回路表面とを、フッ化物を含有する水溶液で処理し、バリウムとスズとを含有する水溶液で処理した後、無電解めっき法でニッケル層を設けることを特徴とする前記の放熱構造体の製造方法である。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明は、表面に少なくともアルミニウム回路を有し、裏面に金属板を有するセラミックス回路基板の前記金属板を、ろう材を介して、銅製のヒートシンクに接合する第1の工程、前記ヒートシンクの前記ろう材との接合面を除く部分と前記セラミックス回路基板上のアルミニウムからなる回路表面とにニッケル層を設ける第2の工程、を順次経ることにより、半導体素子接合の際にフラックスレスでも放熱性を損なうことのないはんだ付け性を有する放熱構造体を、低コストに、しかも再現性高く製造できるという特徴を有している。

【0019】特に、前記金属板がアルミニウム板であり、前記ろう材がマグネシウムを含有するアルミニウム合金からなるときには、セラミックス基板とヒートシンクとの接合力が高まり、本発明の目的が一層達成しやすく、好ましい。

【0020】本発明に用いられるセラミックス回路基板に関して、前記構造を有し、セラミックス基板は必要とされる絶縁特性や熱伝導率や機械強度などの特性を満たしていればどの様なものでも構わないが、高熱伝導率セラミックスである窒化アルミニウム（AlN）或いは高い強度と比較的高い熱伝導率を兼ね備えた窒化ケイ素（Si₃N₄）がより好ましく選択される。

【0021】なお、本発明に用いるセラミックス回路基板について、セラミックス回路基板の表の面上には、通常通りに、半導体素子等を搭載可能な回路が設けられていればよいが、アルミニウムからなる回路を有していると、組み立て工程や実使用条件下で受ける熱応力を緩和する効果が期待される。回路が全てアルミニウムからなる時前記理由で一層好ましい。

【0022】また、セラミックス基板の裏面上に設けられる金属板としては、銅或いはアルミニウム並びにそれらの合金を用いることができるが、このうちアルミニウム或いはアルミニウム合金が、組み立て工程や実使用条件下で受ける熱応力を緩和する効果が期待されるので好ましく、ことに、応力発生に対して塑性変形能が高い、純度99.5%以上の高純度のアルミニウムが好ましい。

【0023】セラミックス回路基板の裏面の金属板と銅製のヒートシンクとを接合するろう材に関しては、前記金属板の種類に応じてAl-Si、Al-Zn、Al-Cu等のいろいろのものから適宜選択して用いられるが、前述の通りに金属板としてアルミニウム板が選択される場合には、マグネシウムを含有するアルミニウム合

10

20

30

40

50

金が、以下に詳述する理由から、好ましく選択される。
 【0024】ろう材中にマグネシウムが適量含まれていると、化学反応の障壁となる酸化膜をマグネシウムのゲッターリング効果により消失させ、強固な接合を実現することができる。とくに強固な酸化膜を有するアルミニウムの場合は、その効果は必須である。

【0025】マグネシウム以外の元素としては、Cu、Zn、Si、Ni、Ag、Ce、Geなどを含んでもよく、これらのうちZn、Cu、Si、Geは本発明の目的を一層容易に達成しやすく好ましい。

【0026】さらにアルミニウム板と銅ヒートシンクの接合においては、アルミニウム-銅共晶温度である548℃以上で行うと、機械的に脆いアルミニウム-銅金属間化合物が接合界面に形成し、その形成の程度により、ヒートサイクル時にクラックがはいりやすく、信頼性において問題が起きる場合がある。このような理由により、548℃よりも低い融点を有するアルミニウム合金をろう材として用いることが好ましい。

【0027】前記ろう材を用いてセラミックス回路基板と銅製のヒートシンクとを接合するには、真空中もしくは非酸化性雰囲気下で、セラミックス回路基板、アルミニウム合金ろう材、銅製ヒートシンクを順次重ねて、荷重を負荷しながら、加熱することにより行えば良い。

【0028】マグネシウムが適量に含まれるアルミニウム合金ろう材を用いると、ろう材中のマグネシウムのゲッターリング効果により表層の酸化膜が消失し、化学反応により接合が実現するが、アルミニウムを接合しようとする場合には、接合エネルギーが不十分な場合（低温接合など）、マグネシウムが存在してもアルミニウム表面の酸化膜を破ることができず、完全な接合を達成できない場合がある。

【0029】そこで、接合前にセラミックス回路基板の接合側のアルミニウム、及び／又はアルミニウム合金ろう材の表面に存在する酸化膜を物理的もしくは化学的方法により除去することが好ましい。物理的手法としては、ラッピングフィルム等による研磨、化学的手法としては、硝酸とフッ酸の混合溶液による酸処理などの従来公知の方法を適用すれば良い。前記処理を行うことにより、比較的低温で接合することができるので、接合後の基板にかかる応力が低減化され、信頼性の向上を図ることができる。

【0030】また、本発明において、予めめっき等の方法でニッケル層を設けたヒートシンクを用いる時、セラミックス回路基板と銅製ヒートシンクを直接に接合する場合よりも高い温度で接合することが可能になるので、ろう材の選択幅が大きくなり、接合前の表面処理をしなくても強固な接合を得ることが可能である。勿論、接合前に表面処理を導入することはより好ましい方法である。

【0031】本発明の第2の工程は、前記第1の工程で

得られたセラミックス回路基板と銅製ヒートシンクとの接合体について、前記ヒートシンクの前記ろう材との接合面を除く部分と前記セラミックス回路基板上のアルミニウムからなる回路表面とにニッケル層を設ける工程であり、本工程を採用することで、その後の工程である半導体素子をはんだ付けする工程において、フラックスレスでも放熱性を損なうことのないはんだ付け性を有する放熱構造体を、低コストに、しかも再現性高く製造できるという特徴を有している。

10 【0032】放熱構造体の製造において、ろう接後に所望の位置にニッケルめっきする場合、表面にアルミニウムと銅とを共に有する放熱構造体では、銅とアルミニウムに同時にめっきを施す必要があり、通常の前処理では困難である。すなわち、銅上に例えば、無電解ニッケルめっきをする場合、活性化処理（塩化パラジウム含有）が必要であるのに対し、アルミニウム上の無電解ニッケルめっきでは、通常、ダブルジンケート法と呼ばれる処理により、アルミニウム表層に亜鉛置換層を形成する必要がある、この両方を同時に行う処理は困難である。

20 【0033】本発明においては、前処理として、酸またはアルカリ（例えば硝酸）にフッ化物（例えばフッ酸）に浸漬し、アルミニウム表面の酸化膜を除去した後、塩化パラジウム及び塩化第一スズを含有する水溶液に浸漬（キャタライゼーション）し、無電解ニッケルめっきを行うことが好ましい。この処理により、銅製ヒートシンクのろう材との接合面を除く部分とセラミックス回路基板上のアルミニウムからなる回路表面とにニッケル層を一操作で設けることができる。また、前記キャタライゼーションの後に硫酸処理をすると、吸着したパラジウムがより活性化するので、より好ましい。

30 【0034】また、前記処理方法は、セラミックス回路基板と予めニッケルめっきされた銅製ヒートシンクとを接合した場合にも、何等変更を加えることなしに適用することができる。然るに、酸またはアルカリ（例えば硝酸）にフッ化物（例えばフッ酸）浸漬工程で、銅ヒートシンク上のニッケルめっきが剥離するので、結果的に、アルミニウム回路セラミックス基板と銅ヒートシンクを接合したものへのニッケルめっきと同じ処理により、アルミニウム及び銅上にニッケルめっきを形成することが

40 【0035】

【実施例】【実施例1】図1に示したとおりに、セラミックス基板11として、35×35×0.635mmの窒化ケイ素基板で、レーザーフラッシュ法による熱伝導率が75W/mK、3点曲げ強さの平均値が560MPaのものを用意した。また、回路用の金属板12、13として32×32×0.4mmのJIS呼称1085アルミニウム板を用意した。

【0036】前記窒化ケイ素基板11の表裏両面に、JIS呼称2017アルミニウム合金箔（20μm厚さ）

を介して前記アルミニウム板12、13を重ね、垂直方向に300MPaで加圧した。そして、真空中、温度620℃×20minの条件下で加熱しながらアルミニウム板と窒化ケイ素板とを接合した。接合後、アルミニウム板表面の所望部分にエッチングレジストをスクリーン印刷して、塩化第二鉄溶液にてエッチング処理することにより回路パターンを形成し、セラミックス回路基板10を作製した。

【0037】次に、図2に示すとおりに、ヒートシンクとして70×130×3mmサイズのタフピッチ銅板15を用意した。そして、前記セラミックス回路基板10と前記銅製ヒートシンク15との間に、厚さ20μmのJIS呼称7075アルミニウム合金箔を入れ、黒鉛治具で加圧力300MPaを負荷した状態で540℃×4分の加熱条件で接合し、銅ヒートシンク一体型アルミニウム回路基板を得た。

【0038】次に、前記銅ヒートシンク一体型アルミニウム回路基板を、まず、アルカリ脱脂した後、フッ硝酸溶液(硝酸:900ml/l、フッ酸:50ml/l)に1分浸漬し、その後、キャタリスト液(塩化パラジウム20

*μ; 0.2g/l、塩化第一スズ:10g/l、塩酸:200ml/l)に2分浸漬後、硫酸(50g/l)に30秒浸漬して、無電解Ni-Pめっき(ニムデンSX(上村工業))を行った。その結果、図3に示すように、接合面を除く銅ヒートシンク並びにセラミックス回路基板の回路側アルミニウム上に、均一にニッケルめっき16が形成された。

【0039】更に、図4に示すように、ニッケルめっきされたアルミニウム回路上に、13×13mmのシリコンチップ18をはんだ付けし、放熱構造体を得た。この放熱構造体を、次に示す信頼性試験に供した。その結果を表1に示す。

【0040】<信頼性試験方法>放熱構造体について、-40℃×30分~125℃×30分を1回とするヒートサイクル試験を行い、500回、1000回、3000回経過後に、Siチップ下のはんだクラック発生状況をSAT(超音波映像探傷装置)により調べた。

【0041】

【表1】

	500回	1000回	3000回
実施例1	クラックなし	クラックなし	クラックなし
実施例2	クラックなし	クラックなし	クラックなし
実施例3	クラックなし	クラックなし	クラックなし

【0042】〔実施例2〕セラミックス回路基板10及び銅ヒートシンク15は実施例1と同じものを用意した。両者を接合する前に、セラミックス回路基板10の接合側アルミニウム13の表面及び厚さ20μmのJIS呼称7075アルミニウム合金箔14のアルミニウム回路接合側をラッピングフィルムにより、研磨処理を行った。その後、黒鉛治具で加圧力300MPaを負荷した状態で520℃×4分の加熱条件で接合し、銅ヒートシンク一体型アルミニウム回路基板を得た。その後の工程は実施例1と同じ方法で行い、最終的に図4に示すような放熱構造体を得て、信頼性試験に供した。この結果を表1に示した。

【0043】〔実施例3〕図5に示すように、セラミックス回路基板10は実施例1と同じものを用意し、銅ヒートシンク15はサイズは実施例1と同じで、予めニッケルめっき17が形成されたものを用意した。そして、前記セラミックス回路基板10と前記銅製ヒートシンク15との間に、厚さ20μmのJIS呼称2017アルミニウム合金箔を入れ、黒鉛治具で加圧力300MPaを負荷した状態で620℃×4分の加熱条件で接合し、銅ヒートシンク一体型アルミニウム回路基板を得た。

【0044】次に前記銅ヒートシンク一体型アルミニウム回路基板を、まず、アルカリ脱脂した後、フッ硝酸溶液(硝酸:900ml/l、フッ酸:50ml/l)に2分浸漬して、接合面以外の銅ヒートシンク上のニッケルめっきを剥離し、その後、キャタリスト液(塩化パラジウム:0.2g/l、塩化第一スズ:10g/l、塩酸:200ml/l)に2分浸漬後、硫酸(50g/l)に30秒浸漬して、無電解Ni-Pめっき(ニムデンSX(上村工業))を行った。その結果、図6に示すように接合面を除く銅ヒートシンク及びセラミックス回路基板の回路側アルミニウム上に、均一にニッケルめっき16が形成された。さらに実施例1と同じ工程を経て、最終的に図7に示すような放熱構造体を得た。信頼性試験の結果を表1に示した。

【0045】

【発明の効果】本発明の放熱構造体の製造方法は、安価な金属をヒートシンク材として用いながらも、従来のAl-SiC複合材等の複合材からなるヒートシンクを用いた場合と同等の信頼性を有する放熱構造体を、低コストで、容易に、従って安定して提供できる特徴があり、産業上非常に有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1～3に係るセラミックス回路基板の断面図。

【図2】本発明の実施例1及び2におけるセラミックス回路基板とヒートシンクとの接合方法の説明図。

【図3】本発明の実施例1及び2に係る放熱構造体の断面図。

【図4】本発明の実施例1及び2に係るシリコンチップをはんだ付けしてなる放熱構造体の断面図。

【図5】本発明の実施例3におけるセラミックス回路基板とヒートシンクとの接合方法の説明図。

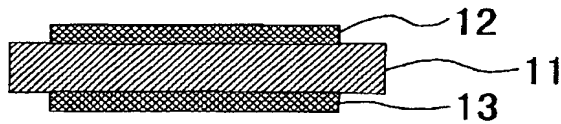
*【図6】本発明の実施例3におけるヒートシンク一体型基板にニッケルめっきを付した後の状況を示す断面図。

【図7】本発明の実施例3に係るシリコンチップをはんだ付けしてなる放熱構造体の断面図。

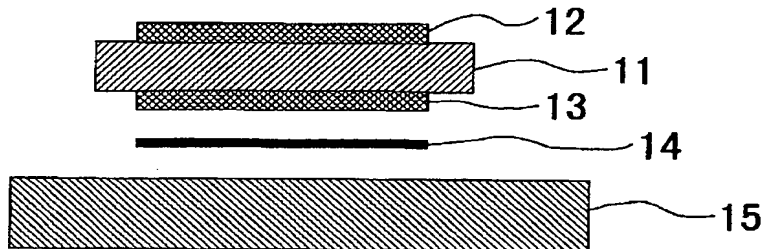
【符号の説明】

11	セラミックス基板
12、13	金属板
14	ろう材
15	銅製ヒートシンク
16、17	ニッケル層
* 18	シリコンチップ

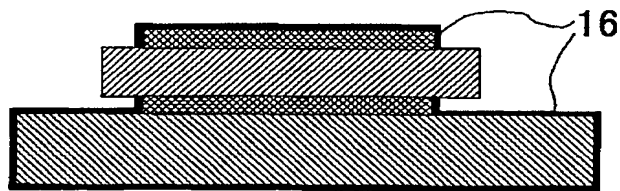
【図1】



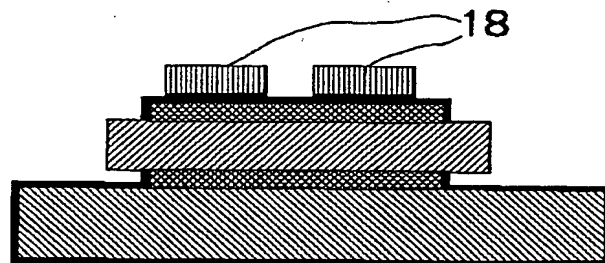
【図2】



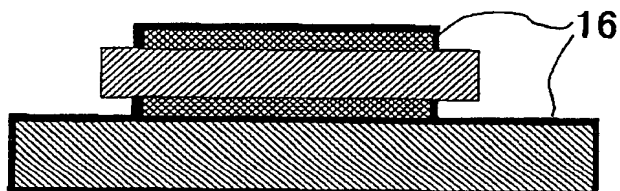
【図3】



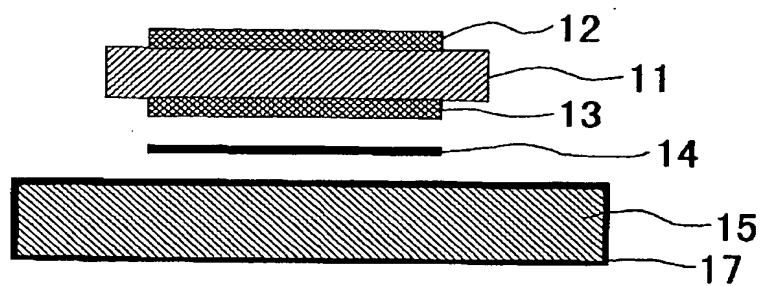
【図4】



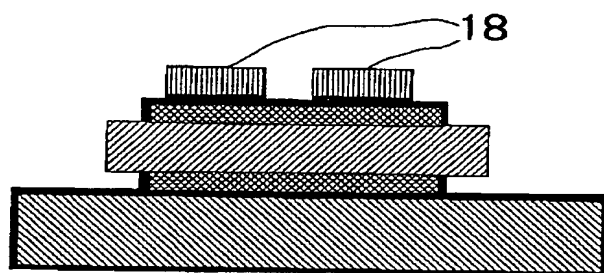
【図6】



【図5】



【図7】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-009212

(43)Date of publication of application : 11.01.2002

(51)Int.Cl.

H01L 23/36

H01L 23/12

H01L 23/14

H01L 23/40

(21)Application number : 2000-189010

(22)Date of filing : 23.06.2000

(71)Applicant : DENKI KAGAKU KOGYO KK

(72)Inventor : SAKAWA MORIKAZU

SUGIMOTO ISAO

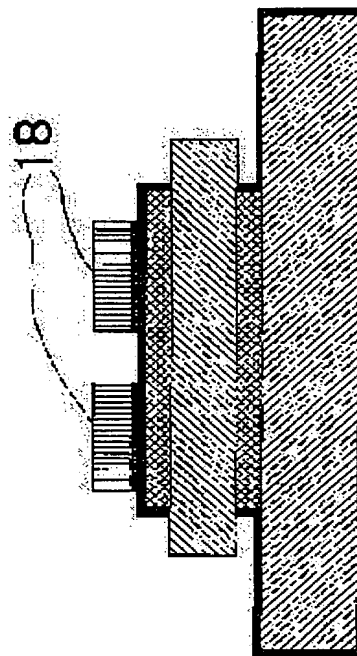
UTO MANABU

(54) METHOD FOR MANUFACTURING HEAT DISSIPATION STRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing at low cost with high reproducibility a heat dissipation structure, with which semiconductor components can be bonded without impairing heat dissipation property even for fluxless case.

SOLUTION: The method for manufacturing a heat dissipation structure comprises a first step, where a ceramic circuit-board having at least an aluminum circuit on the front and a metal plate on the back is brazed to a copper heatsink through a brazing filler metal, and a second step, where a nickel layer is coated on the area of the heatsink except the surface the brazing filler metal is bonded to and an aluminum circuit surface on the ceramic circuit-board.



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.